

PCT

WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationale BüroINTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation ⁴ : B41J 3/04, H04R 17/00 H01L 41/08, F04B 43/04		A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 87/07218 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 3. Dezember 1987 (03.12.87)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE87/00230 (22) Internationales Anmeldedatum: 19. Mai 1987 (19.05.87) (31) Prioritätsaktenzeichen: P 36 18 106.4 (32) Prioritätsdatum: 30. Mai 1986 (30.05.86) (33) Prioritätsland: DE (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten außer US): SIEMENS AKTIENGESellschaft [DE/DE]; Postfach 22 02 61, D-8000 München 22 (DE). (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): HEINZL, Joachim [DE/DE]; Dreisselbergstrasse 16, D-8000 München 90 (DE). (81) Bestimmungsstaaten: CH (europäisches Patent), DE (europäisches Patent), FR (europäisches Patent), GB (europäisches Patent), IT (europäisches Patent), JP, NL (europäisches Patent), SE (europäisches Patent), US.		Veröffentlicht Mit internationalem Recherchenbericht.	
(54) Title: PIEZOELECTRICALLY OPERATED FLUID PUMP (54) Bezeichnung: PIEZOELEKTRISCH BETRIEBENE FLUIDPUMPE			
(57) Abstract <p>The fluid pump described for producing pressures comprises an electrically excitable membrane made of a first piezoelectrically excitable layer and a support layer firmly bound thereto. The membrane has a peripheral piezoelectrically excitable region and a central piezoelectrically excitable region, these regions being excited in such a manner that, in order to cause a projection in the membrane, the latter is shortened by transverse contraction in its peripheral region and is lengthened in its central region.</p>			
(57) Zusammenfassung <p>Die piezoelektrisch betriebene Fluidpumpe zur Erzeugung von Drücken enthält eine elektrisch ansteuerbare Membran aus einer ersten piezoelektrisch anregbaren Schicht und einer fest mit dieser anregbaren Schicht verbundenen Stützschiicht. Die Membran weist einen piezoelektrisch anregbaren peripheren Bereich und einen piezoelektrisch anregbaren zentralen Bereich auf, wobei die Bereiche derart angesteuert werden, daß zum Erzeugen einer Membranauslenkung die Membran in ihrem peripheren Bereich durch Querkontraktion verkürzt und in ihren zentralen Bereich verlängert wird.</p>			

stärken nicht zu einer Umpolarisation führen, sie müssen außerdem über entsprechende Ansteuerschaltkreise schaltbar sein.

- 5 Es ist deshalb üblich eine Spannung von ca. 200 V nicht zu überschreiten. Die Feldstärke sollte dabei kleiner sein als ein Volt je Mikrometer in Gegenrichtung zur Polarisation. Die Abstände zwischen Elektroden an Luft sollten außerdem nicht kleiner als $1 \mu\text{m}/\text{V}$ sein. Die direkten Längenänderungen, die auf diese Weise erzielbar
10 sind, sind damit rund 1 % oder etwa $0,2 \mu\text{m}$ bei einer Schichtdicke von $200 \mu\text{m}$, vorausgesetzt, die Keramik ist durch und durch aktiv und nicht etwa durch eine Brennhaut teilweise inaktiv.

- 15 Derartige Brennhäute lassen sich bisher nur bei im Stapel gesinterten Keramikfolien vermeiden, wenn man den Rand der innen im Stapel liegenden Folien sowie die außenliegenden Folien entfernt. Bei diesem Verfahren läßt sich
20 die mechanische Bearbeitung der Keramik und damit die Gefahr von Mikrorissen auf ein Minimum und auf den Rand begrenzen. Die übrigen Oberflächen können ohne Nachbearbeitung so benutzt werden, wie sie aus dem Brennofen kommen.

- 25 Aufgabe der Erfindung ist es, eine Vorrichtung der eingangs genannten Art so auszubilden bzw. anzusteuern, daß sich ein möglichst großer Hub ergibt.

- Diese Aufgabe wird bei einer Vorrichtung der eingangs genannten Art gemäß dem kennzeichnenden Teil des ersten Patentanspruches gelöst.
30

Vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

35

Dadurch, daß die Membran einen piezoelektrisch anregbaren peripheren Bereich und einen piezoelektrisch anregbaren

3

zentralen Bereich aufweist, die derart angesteuert werden, daß zum Erzeugen einer Membranauslenkung die Membran in ihrem peripheren Bereich durch Querkontraktion verkürzt und in ihrem zentralen Bereich verlängert wird, ergibt sich ein besonders großer Hub. Dieser Hub ist das Ergebnis der Ausnutzung von zwei Wirkungen, nämlich der Ausnutzung der Querkontraktion in der Keramik selbst und die Krümmung des Verbundes benachbarter Schichten, die sich unterschiedlich ausdehnen. Durch die Querkontraktion läßt sich der Hub der Membran durch Verringerung der Schichtdicken und Vergrößerung der Längenabmessungen steigern.

Eine besonders vorteilhafte Kraftwirkung ergibt sich, wenn man die Membranbereiche konzentrisch zueinander anordnet, so daß sie sich bei der Anregung warzenartig auswölben. Diese warzenartige Auswölbung stellt die kleinste und kompaktste geometrische Form dar, die von einer ebenen Schicht ausgeht und einen Hohlraum erweitert und schließt. Sie ist rotationssymmetrisch um eine Flächennormale und verläßt die Ebene in einer torusförmigen Hohlkehle, die in einen linsenförmigen Kugelabschnitt übergeht. An der Übergangslinie ändert sich der benötigte Krümmungszustand. Entsprechend sind die Elektroden so angeordnet bzw. die entsprechenden Membranbereiche so polarisiert und über die Elektroden angesteuert, daß sich der periphere Bereich (Kreisring) verkürzt, der zentrale Bereich dagegen verlängert.

Der Rand der Membran verändert bei Auslenkung seine Lage nicht, weswegen er fest eingespannt werden kann. Die Biegelinie entspricht im wesentlichen einer Auslenkung unter Innendruck.

Bei einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung sind mehrere einzeln unabhängig voneinander aktivierbare Membranen auf einer gemeinsamen Substratfläche angeordnet, wobei die Ansteuerleitungen für die einzelnen

4

Membranen über unpolarisierte Bereiche der Substratfläche führen, damit bei der Ansteuerung über diese Ansteuerleitungen keine unerwünschten piezoelektrischen Effekte auftreten.

5

Um den Hub noch weiter zu vergrößern, kann anstelle der Stützschiicht eine weitere piezoelektrische anregbare Schicht angeordnet sein, die jeweils in entgegengesetzter Richtung zu der ersten piezoelektrisch anregbaren Schicht polarisiert ist. Damit ergibt sich nahezu eine Verdoppelung des Hubes.

10

Mit dem erfindungsgemäßen Antriebselement läßt sich eine besonders wirksame und einfach ansteuerbare Pumpeinrichtung erzeugen. Dazu sind drei miteinander über einen Pumpkanal verbundene Membranen angeordnet, die derart zusammenwirken, daß eine erste Membran als Einlaßventil dient, eine zweite Membran dem veränderlichen Hohlraum zugeordnet ist und eine dritte Membran als Auslaßventil dient.

20

Eine derartig ausgebildete statische Pumpe mit zwei steuerbaren Sperrschiebern und einem veränderlichen Hohlraum läßt sich z. B. von einem künstlichen Herzen verwenden oder als Schmierstoffhydraulikpumpe zur Erzeugung von hohen Drücken. Die gesamte Vorrichtung läßt sich einfach ansteuern und trotz hoher erzielbarer Drücke klein ausbilden.

25

Weiters ist es möglich, die Vorrichtung als akustische Wandlereinrichtung in Lautsprechern oder als Drucksensor zu verwenden.

30

Ausführungsformen der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden im folgenden beispielsweise näher beschrieben. Es zeigen

35

5

Fig. 1 eine schematische Vergleichsdarstellung zwischen der Verformung einer Membranplatte unter Innendruck und einer Membranplatte mit aufgeprägter Wölbung,

5 Fig. 2 eine erfindungsgemäße Membran im ausgelenkten Zustand,

Fig. 3 eine erfindungsgemäße Membran im unerregten Zustand,

10

Fig. 4 eine statische Pumpe aus drei miteinander verbundenen Membranen in Draufsicht,

Fig. 5 eine statische Pumpe gemäß Fig. 4 im Querschnitt,

15

Fig. 6 eine schematische Darstellung des Schichtaufbaues der erfindungsgemäßen Vorrichtung und

Fig. 7 eine schematische Darstellung eines Schreibkopfes für eine Tintenschreibeinrichtung mit einer Vielzahl auf einem gemeinsamen Substrat angeordneten Membranen als Schreibdüsen.

20

Ein planarer Wandler aus Piezokeramik wie er in den Fig. 2 und 3 dargestellt ist, besteht aus einer piezoelektrisch anregbaren durchgehend in eine Richtung polarisierten Schicht 1 aus Piezokeramik und einer fest mit dieser anregbaren Schicht verbundenen Stützschiicht 2, z. B. aus Nickel. Diese so gebildete elektrisch ansteuerbare Membran wird über entsprechende Elektroden 3, 4 angesteuert, wobei die Stützschiicht 2 als durchgehende Masselektrode dient und die eigentlichen Ansteuerselektroden aus einer peripheren Ansteuerselektrode 3 und einer zentralen Ansteuerselektrode 4 bestehen. Diese eigentlichen Ansteuerselektroden 3 und 4 definieren konzentrisch zueinander angeordnete Membranen in Form von Kreisflächen bzw. Kreisringflächen. Durch entsprechende Ansteuerung

25

30

35

6

der Elektroden 3 und 4 wölbt sich die Membran in Arbeits-
richtung in der in Fig. 2 dargestellten Form, wenn die
Kreisringelektrode 3 mit ihrem erzeugten elektrischen
Feld zu einer Kontraktion der Piezokeramikschrift 1 im
Bereich der Ringelektrode 3 führt und im Bereich der
Elektrode 4 es zu einer Dehnung der Piezokeramikschrift 1
kommt.

Dies wird im folgenden anhand der Fig. 1 näher erläutert.

10

Die kleinste und kompakteste geometrische Form, die von
einer ebenen Schicht ausgeht, nur schwache Krümmungen be-
nötigt und einen Hohlraum erweitert und schließt, ist eine
Warze oder eine domartige Auswölbung. Eine derartige
Form ist rotationssymmetrisch um eine Flächennormale und
verläßt die Ebene in einer torusförmigen Hohlkehle, die
in einen linsenförmigen Kugelabschnitt übergeht.

Eine derartige Idealform läßt sich nun dadurch erzeugen,
daß man eine ebene elastische Membran einem gleichmäßigen
Innendruck aussetzt. Damit ergibt sich die auf der linken
Seite der Fig. 1a dargestellte Form mit dem in der Fig.
1b dargestellten Neigungsverlauf und einem Krümmungsver-
lauf gemäß Fig. 1c, wobei die Abszisse dem Radius der
Membranfläche zugeordnet ist.

Um diese ideale Warzenform zu erreichen, sind nun erfin-
dungsgemäß die Ansteuer Elektroden 3 und 4 in Verbindung
mit der piezoelektrisch anregbaren Schicht 1 und der
Stützschrift 2, die als Masseelektrode dient, so ausge-
bildet, daß sich näherungsweise diese Idealform bei der
Auslenkung ergibt.

Zu diesem Zweck ist die kreisförmige Außenlektrode 3 im
äußeren Krümmungsbereich der Membran angeordnet und wird
mit einem derartigen elektrischen Feld beaufschlagt, daß
sich die piezoelektrische Schicht in diesem Krümmungsbe-

- reich zusammenzieht. Die konzentrisch dazu angeordnete Innenelektrode 4 wiederum wird mit einem derartigen Feld beaufschlagt, daß sich der zentrale Bereich der Piezokeramikschiicht 1 ausdehnt. Damit werden zwei Effekte gleichzeitig ausgenutzt, nämlich die Querkontraktion der Keramik selbst und die Krümmung des Verbundes benachbarter Schichten, die sich unterschiedlich ausdehnen. Der Krümmungsradius, bis zu dem sich ebene Schichten derartig verwölben lassen, liegt etwa bei 0,1 m bis 0,4 m, je nachdem wie dünn man die Schichten fertigen kann. Das Verhältnis der Elektrodenflächen zueinander ist nun so dimensioniert, daß sich näherungsweise der gewünschte Verlauf in Fig. 1a ergibt. Dies ergibt eine Neigung gemäß Fig. 1b mit zugehöriger Krümmung Fig. 1c (rechte Seite Fig. 1).

- Wie in den Fig. 2 bis 5 dargestellt, läßt sich mit einem derartigen planaren Wandler aus Piezokeramik eine statische Pumpe mit zwei steuerbaren Sperrschiebern SE und SA und einem veränderlichen Hohlraum H ausbilden. Zu diesem Zwecke sind auf einer durchgehenden Substratfläche 1 die drei Membranen SE, H, SA ausgebildet. In einer das Substrat A mit seiner zugehörigen Stützschiicht 2 tragenden Trägerschiicht T ist ein Pumpkanal P ausgebildet. Dieser Pumpkanal P steht mit einem Fluidvorrat V (Fig. 4) in Verbindung. In dem Pumpkanal ist im Bereich des Einlaßventiles SE eine Querrippe Q ausgeformt, an die sich im unerregten Zustand die Membran aus Piezokeramik 1 und Stützschiicht 2 anlegt und damit den Kanal verschließt. Im angeregten Zustand der Membran entsprechend der Fig. 2 hebt sich die Membran warzenförmig ab und öffnet damit den Kanal P.

- Derselbe Aufbau wie beim Einlaßventil SE mit der Querrippe Q ergibt sich beim Auslaßventil SA mit der dortigen Querrippe Q. In dem Pumpkanalabschnitt mit in der Mitte erweiterten Hohlraumbereich PH zwischen dem Einlaßventil

8

SE und dem Auslaßventil SA befindet sich die eigentliche als Pumpe dienende Membran H, die entsprechend den Membranen der Einlaßventile SE und SA aufgebaut ist. Eine derartig aufgebaute Pumpe wie in den Fig. 4 und 5 läßt sich nun in vorteilhafter Weise z. B. Über einen Dreiphasendrehstrom ansteuern und zwar dadurch, daß mit einer ersten Phase in einem Pumpschritt zunächst das Einlaßventil SE geöffnet wird, daß dann durch die Auslenkung der Membran H (2. Phase) Fluid aus dem Vorrat V angesaugt wird und daß dann nach Schließen des Einlaßventiles SE und nach Öffnen des Auslaßventiles SA (3. Phase) durch Betätigung der eigentlichen Pumpmembran H Fluid aus dem Auslaßbereich A ausgestoßen wird.

15 Zum Schließen der Sperrschieber SE, SA ist es auch möglich, diese so anzusteuern, daß ihre Membranen unter Vorspannung den Kanal P verschließen. Damit wird ein besonders dichter Verschuß erreicht. Außerdem ist bei einer Ansteuerung in Arbeitsrichtung aus dieser Vorspannung heraus ein besonders großer Arbeitshub möglich.

Je nach Verwendungszweck läßt sich der Pumpkanal auch in anderer Weise ausbilden. So ist es auch möglich, anstelle der Querrippe Q in dem Einlaß- und im Auslaßventil SE und SA kragenförmige Öffnungen anzuordnen, wobei der Kragen selbst den Kanal bildet. Die Membranfläche legt sich dann im unerregten Zustand in analoger Weise wie auf die Querrippe auf diesen Kragen auf und verschließt so den Auslaß.

30

Auf eine derartige statische Pumpe sind nun vielerlei Verwendungen möglich. So kann entsprechend der Fig. 7 damit ein Tintenschreibkopf aufgebaut werden, bei dem auf einer einzigen Substratfläche 1, z. B. neun Schreibdüsen 35 S1 bis S9 angeordnet sind. Jede dieser Schreibdüsen besteht aus einem Einlaßventil SE, einem veränderlichen Hohlraum H und einem Auslaßventil SA. Die Schreibdüsen S1

- bis S9 stehen dabei mit dem Vorratsbereich V in Verbindung. Um einen Schreibkopf mit einer größeren Anzahl von Düsen bilden zu können, ist es auch möglich, mehrere Substratflächen mit darauf angeordneten Schreibdüsen übereinander zu packen.

- Bei einem derartigen Tintenschreibkopf sind die Schreibdüsen S1 bis S9 funktionell vollständig von der Tintenversorgung V getrennt. Damit kann ein mechanischer Verschluss der Düsen zwischen Schreibkopf und dem eigentlichen vor dem Schreibkopf angeordneten Papier und der Antrieb dieses Verschlusses entfallen, da die eigentlichen Tintenkanäle durch die Auslaßventile SA geschlossen sind, solange diese Auslaßventile SA nicht angesteuert werden.
- Ein Übersprechen zwischen den Düsen entfällt, da beim eigentlichen Spritzvorgang keine Fließverbindung besteht. Die Spritzvorgänge werden dabei nicht durch die Reflexion im eigentlichen Spritzkanal und nicht durch das Übersprechen von Nachbardüsen begrenzt, sondern nur durch die Eigenwerte der einzelnen Wandlerelemente. Durch statisches Pumpen lassen sich Luftblasen aus dem Tintenkanal P entfernen und leere Kanäle lassen sich dabei elektrisch gesteuert füllen.
- Die beschriebenen statischen Pumpen lassen sich auch zur Versorgung von Schmierstoffen in Lagern verwenden, da die erreichten Drücke sehr hoch sind. Weiters ist es möglich, derartige Pumpen im Bereich der Medizin zum Transport von Blut und anderen Gewebsflüssigkeiten zu verwenden.
- Die Membran allein wiederum läßt sich in einer akustischen Wandlereinrichtung z. B. als Hochtonlautsprecher verwenden. Weiterhin kann eine derartige Vorrichtung als Drucksensor dienen, wobei die durch den Druck auftretende Auslenkung eine an den Elektroden 3 und 4 abgreifbare Spannung verursacht.

10

Wie in der Fig. 6 dargestellt, läßt sich ein sogenannter steuerbarer Sperrschieber, z. B. ein Einlaßventil SE, ein Auslaßventil SA oder der steuerbare Hohlraum H in einfacher Weise herstellen. Zu diesem Zwecke wird als Substrat eine dünne Schicht aus Piezokeramik verwendet, auf der die erforderliche Struktur z. B. des Tintenschreibkopfes galvanoplastisch aufgebaut wird. Die Piezokeramikschi-
1 5 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100 101 102 103 104 105 106 107 108 109 110 111 112 113 114 115 116 117 118 119 120 121 122 123 124 125 126 127 128 129 130 131 132 133 134 135 136 137 138 139 140 141 142 143 144 145 146 147 148 149 150 151 152 153 154 155 156 157 158 159 160 161 162 163 164 165 166 167 168 169 170 171 172 173 174 175 176 177 178 179 180 181 182 183 184 185 186 187 188 189 190 191 192 193 194 195 196 197 198 199 200 201 202 203 204 205 206 207 208 209 210 211 212 213 214 215 216 217 218 219 220 221 222 223 224 225 226 227 228 229 230 231 232 233 234 235 236 237 238 239 240 241 242 243 244 245 246 247 248 249 250 251 252 253 254 255 256 257 258 259 260 261 262 263 264 265 266 267 268 269 270 271 272 273 274 275 276 277 278 279 280 281 282 283 284 285 286 287 288 289 290 291 292 293 294 295 296 297 298 299 300 301 302 303 304 305 306 307 308 309 310 311 312 313 314 315 316 317 318 319 320 321 322 323 324 325 326 327 328 329 330 331 332 333 334 335 336 337 338 339 340 341 342 343 344 345 346 347 348 349 350 351 352 353 354 355 356 357 358 359 360 361 362 363 364 365 366 367 368 369 370 371 372 373 374 375 376 377 378 379 380 381 382 383 384 385 386 387 388 389 390 391 392 393 394 395 396 397 398 399 400 401 402 403 404 405 406 407 408 409 410 411 412 413 414 415 416 417 418 419 420 421 422 423 424 425 426 427 428 429 430 431 432 433 434 435 436 437 438 439 440 441 442 443 444 445 446 447 448 449 450 451 452 453 454 455 456 457 458 459 460 461 462 463 464 465 466 467 468 469 470 471 472 473 474 475 476 477 478 479 480 481 482 483 484 485 486 487 488 489 490 491 492 493 494 495 496 497 498 499 500 501 502 503 504 505 506 507 508 509 510 511 512 513 514 515 516 517 518 519 520 521 522 523 524 525 526 527 528 529 530 531 532 533 534 535 536 537 538 539 540 541 542 543 544 545 546 547 548 549 550 551 552 553 554 555 556 557 558 559 560 561 562 563 564 565 566 567 568 569 570 571 572 573 574 575 576 577 578 579 580 581 582 583 584 585 586 587 588 589 590 591 592 593 594 595 596 597 598 599 600 601 602 603 604 605 606 607 608 609 610 611 612 613 614 615 616 617 618 619 620 621 622 623 624 625 626 627 628 629 630 631 632 633 634 635 636 637 638 639 640 641 642 643 644 645 646 647 648 649 650 651 652 653 654 655 656 657 658 659 660 661 662 663 664 665 666 667 668 669 670 671 672 673 674 675 676 677 678 679 680 681 682 683 684 685 686 687 688 689 690 691 692 693 694 695 696 697 698 699 700 701 702 703 704 705 706 707 708 709 710 711 712 713 714 715 716 717 718 719 720 721 722 723 724 725 726 727 728 729 730 731 732 733 734 735 736 737 738 739 740 741 742 743 744 745 746 747 748 749 750 751 752 753 754 755 756 757 758 759 760 761 762 763 764 765 766 767 768 769 770 771 772 773 774 775 776 777 778 779 780 781 782 783 784 785 786 787 788 789 790 791 792 793 794 795 796 797 798 799 800 801 802 803 804 805 806 807 808 809 810 811 812 813 814 815 816 817 818 819 820 821 822 823 824 825 826 827 828 829 830 831 832 833 834 835 836 837 838 839 840 841 842 843 844 845 846 847 848 849 850 851 852 853 854 855 856 857 858 859 860 861 862 863 864 865 866 867 868 869 870 871 872 873 874 875 876 877 878 879 880 881 882 883 884 885 886 887 888 889 890 891 892 893 894 895 896 897 898 899 900 901 902 903 904 905 906 907 908 909 910 911 912 913 914 915 916 917 918 919 920 921 922 923 924 925 926 927 928 929 930 931 932 933 934 935 936 937 938 939 940 941 942 943 944 945 946 947 948 949 950 951 952 953 954 955 956 957 958 959 960 961 962 963 964 965 966 967 968 969 970 971 972 973 974 975 976 977 978 979 980 981 982 983 984 985 986 987 988 989 990 991 992 993 994 995 996 997 998 999 1000 1001 1002 1003 1004 1005 1006 1007 1008 1009 1010 1011 1012 1013 1014 1015 1016 1017 1018 1019 1020 1021 1022 1023 1024 1025 1026 1027 1028 1029 1030 1031 1032 1033 1034 1035 1036 1037 1038 1039 1040 1041 1042 1043 1044 1045 1046 1047 1048 1049 1050 1051 1052 1053 1054 1055 1056 1057 1058 1059 1060 1061 1062 1063 1064 1065 1066 1067 1068 1069 1070 1071 1072 1073 1074 1075 1076 1077 1078 1079 1080 1081 1082 1083 1084 1085 1086 1087 1088 1089 1090 1091 1092 1093 1094 1095 1096 1097 1098 1099 1100 1101 1102 1103 1104 1105 1106 1107 1108 1109 1110 1111 1112 1113 1114 1115 1116 1117 1118 1119 1120 1121 1122 1123 1124 1125 1126 1127 1128 1129 1130 1131 1132 1133 1134 1135 1136 1137 1138 1139 1140 1141 1142 1143 1144 1145 1146 1147 1148 1149 1150 1151 1152 1153 1154 1155 1156 1157 1158 1159 1160 1161 1162 1163 1164 1165 1166 1167 1168 1169 1170 1171 1172 1173 1174 1175 1176 1177 1178 1179 1180 1181 1182 1183 1184 1185 1186 1187 1188 1189 1190 1191 1192 1193 1194 1195 1196 1197 1198 1199 1200 1201 1202 1203 1204 1205 1206 1207 1208 1209 1210 1211 1212 1213 1214 1215 1216 1217 1218 1219 1220 1221 1222 1223 1224 1225 1226 1227 1228 1229 1230 1231 1232 1233 1234 1235 1236 1237 1238 1239 1240 1241 1242 1243 1244 1245 1246 1247 1248 1249 1250 1251 1252 1253 1254 1255 1256 1257 1258 1259 1260 1261 1262 1263 1264 1265 1266 1267 1268 1269 1270 1271 1272 1273 1274 1275 1276 1277 1278 1279 1280 1281 1282 1283 1284 1285 1286 1287 1288 1289 1290 1291 1292 1293 1294 1295 1296 1297 1298 1299 1300 1301 1302 1303 1304 1305 1306 1307 1308 1309 1310 1311 1312 1313 1314 1315 1316 1317 1318 1319 1320 1321 1322 1323 1324 1325 1326 1327 1328 1329 1330 1331 1332 1333 1334 1335 1336 1337 1338 1339 1340 1341 1342 1343 1344 1345 1346 1347 1348 1349 1350 1351 1352 1353 1354 1355 1356 1357 1358 1359 1360 1361 1362 1363 1364 1365 1366 1367 1368 1369 1370 1371 1372 1373 1374 1375 1376 1377 1378 1379 1380 1381 1382 1383 1384 1385 1386 1387 1388 1389 1390 1391 1392 1393 1394 1395 1396 1397 1398 1399 1400 1401 1402 1403 1404 1405 1406 1407 1408 1409 1410 1411 1412 1413 1414 1415 1416 1417 1418 1419 1420 1421 1422 1423 1424 1425 1426 1427 1428 1429 1430 1431 1432 1433 1434 1435 1436 1437 1438 1439 1440 1441 1442 1443 1444 1445 1446 1447 1448 1449 1450 1451 1452 1453 1454 1455 1456 1457 1458 1459 1460 1461 1462 1463 1464 1465 1466 1467 1468 1469 1470 1471 1472 1473 1474 1475 1476 1477 1478 1479 1480 1481 1482 1483 1484 1485 1486 1487 1488 1489 1490 1491 1492 1493 1494 1495 1496 1497 1498 1499 1500 1501 1502 1503 1504 1505 1506 1507 1508 1509 1510 1511 1512 1513 1514 1515 1516 1517 1518 1519 1520 1521 1522 1523 1524 1525 1526 1527 1528 1529 1530 1531 1532 1533 1534 1535 1536 1537 1538 1539 1540 1541 1542 1543 1544 1545 1546 1547 1548 1549 1550 1551 1552 1553 1554 1555 1556 1557 1558 1559 1560 1561 1562 1563 1564 1565 1566 1567 1568 1569 1570 1571 1572 1573 1574 1575 1576 1577 1578 1579 1580 1581 1582 1583 1584 1585 1586 1587 1588 1589 1590 1591 1592 1593 1594 1595 1596 1597 1598 1599 1600 1601 1602 1603 1604 1605 1606 1607 1608 1609 1610 1611 1612 1613 1614 1615 1616 1617 1618 1619 1620 1621 1622 1623 1624 1625 1626 1627 1628 1629 1630 1631 1632 1633 1634 1635 1636 1637 1638 1639 1640 1641 1642 1643 1644 1645 1646 1647 1648 1649 1650 1651 1652 1653 1654 1655 1656 1657 1658 1659 1660 1661 1662 1663 1664 1665 1666 1667 1668 1669 1670 1671 1672 1673 1674 1675 1676 1677 1678 1679 1680 1681 1682 1683 1684 1685 1686 1687 1688 1689 1690 1691 1692 1693 1694 1695 1696 1697 1698 1699 1700 1701 1702 1703 1704 1705 1706 1707 1708 1709 1710 1711 1712 1713 1714 1715 1716 1717 1718 1719 1720 1721 1722 1723 1724 1725 1726 1727 1728 1729 1730 1731 1732 1733 1734 1735 1736 1737 1738 1739 1740 1741 1742 1743 1744 1745 1746 1747 1748 1749 1750 1751 1752 1753 1754 1755 1756 1757 1758 1759 1760 1761 1762 1763 1764 1765 1766 1767 1768 1769 1770 1771 1772 1773 1774 1775 1776 1777 1778 1779 1780 1781 1782 1783 1784 1785 1786 1787 1788 1789 1790 1791 1792 1793 1794 1795 1796 1797 1798 1799 1800 1801 1802 1803 1804 1805 1806 1807 1808 1809 1810 1811 1812 1813 1814 1815 1816 1817 1818 1819 1820 1821 1822 1823 1824 1825 1826 1827 1828 1829 1830 1831 1832 1833 1834 1835 1836 1837 1838 1839 1840 1841 1842 1843 1844 1845 1846 1847 1848 1849 1850 1851 1852 1853 1854 1855 1856 1857 1858 1859 1860 1861 1862 1863 1864 1865 1866 1867 1868 1869 1870 1871 1872 1873 1874 1875 1876 1877 1878 1879 1880 1881 1882 1883 1884 1885 1886 1887 1888 1889 1890 1891 1

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Erzeugung von Drücken und Volumenströmen mit einer elektrisch ansteuerbaren Membran aus einer
5 ersten piezoelektrisch anregbaren Schicht (1) und einer fest mit dieser anregbaren Schicht verbundenen Stützschi-
10 ch (2),
dadurch gekennzeichnet, daß die Membran einen piezoelektrisch anregbaren peripheren Bereich (3) und einen piezoelektrisch anregbaren zentralen Bereich (4) aufweist, die derart angesteuert werden, daß zum Erzeugen einer Membranauslenkung die Membran in ihrem peripheren Bereich (3) durch Querkontraktion verkürzt und in ihrem zentralen Bereich (4) verlängert wird.
- 15 2. Vorrichtung nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, daß die piezoelektrisch anregbare, durchgehend in einer Richtung polarisierte Schicht (1) auf ihrer einen Seite eine
20 durchgehende Massenelektrode (2) und auf ihrer anderen Seite eine dem Peripheriebereich zugeordnete erste Ansteuerelektrode (3) und eine dem zentralen Bereich zugeordnete zweite Ansteuerelektrode (4) aufweist, wobei der Peripheriebereich und der Zentralbereich zum Ansteuern
25 mit unterschiedlichen elektrischen Feldern beaufschlagt werden.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, daß die
30 piezoelektrisch anregbare Schicht (1) auf ihrer einen Seite eine durchgehende Massenelektrode (2) und auf ihrer anderen Seite eine gemeinsame Ansteuerelektrode aufweist, wobei die peripheren Bereiche und der Zentralbereich unterschiedlich polarisiert sind.
- 35 4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet, daß die

die aktivierbaren Bereiche der Membran (3, 4) konzentrisch zueinander angeordnet sind, so daß sie sich bei Anregung domartig auswölben.

- 5 5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet, daß mehrere
einzelnen unabhängig voneinander aktivierbare Membran-
bereiche auf einer gemeinsamen Substratfläche angeordnet
sind.
- 10 6. Vorrichtung nach Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet, daß die
Ansteuerleitungen für die einzelnen Membranbereiche über
unpolarisierte Bereiche der Substratfläche führen.
- 15 7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
dadurch gekennzeichnet, daß an-
stelle der Stützsicht (2) eine weitere piezoelektrisch
anregbare Schicht angeordnet ist, die jeweils in entge-
20 gengesetzter Richtung zur ersten piezoelektrisch anregba-
ren Schicht polarisiert ist.
8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7,
dadurch gekennzeichnet, daß die
- 25 Vorrichtung als statische Pumpe mit zwei steuerbaren
Sperrschiebern (SE, SA) und einem veränderlichen Hohlraum
(H) ausgebildet ist, wobei drei miteinander verbundene
Membranen derart zusammenwirken, daß eine erste Membran
als Einlaßventil (E) dient, eine zweite Membran dem ver-
30 änderlichen Hohlraum (H) zugeordnet ist und eine dritte
Membran als Auslaßventil (SA) dient.
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8,
dadurch gekennzeichnet, daß die
- 35 Vorrichtung als akustische Wandlereinrichtung dient.
10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8,

13

dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung als Drucksensor ausgebildet ist.

11. Vorrichtung nach Anspruch 8,

5 dadurch gekennzeichnet, daß die einzelnen Membranbereiche über die einzelnen Phasen einer Drehstromquelle angesteuert werden.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11,

10 dadurch gekennzeichnet, daß die Membran derart angesteuert wird, daß sie sich entgegen ihrer Arbeitsrichtung auswölbt und so unter Vorspannung anliegt.

15

20

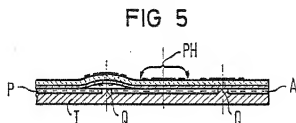
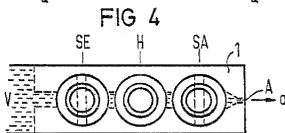
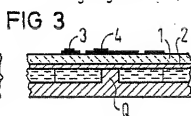
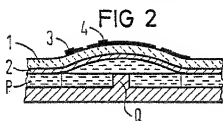
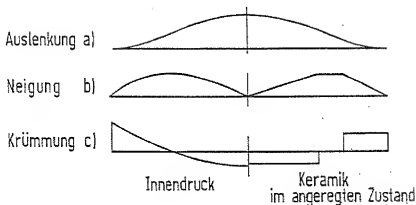
25

30

35

1/2

FIG 1



2/2

FIG 6

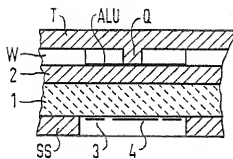
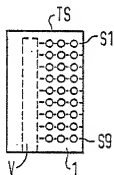


FIG 7



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No PCT/DE 87/00230

I. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER (If several classification symbols apply, indicate all) [*]		
According to International Patent Classification (IPC) or to both National Classification and IPC		
Int.Cl. ⁴ B 41 J 3/04; H 04 R 17/00; H 01 L 41/08; F 04 B 43/04		
II. FIELDS SEARCHED		
Minimum Documentation Searched [*]		
Classification System	Classification Symbols	
Int.Cl. ⁴	B 41 J; H 04 R; H 01 L; F 04 B	
Documentation Searched other than Minimum Documentation to the extent that such Documents are included in the Fields Searched [*]		
III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT[*]		
Category [*]	Citation of Document, ¹⁾ with indication, where appropriate, of the relevant passages ²⁾	Relevant to Claim No. ³⁾
A	DE, A, 3320443 (SIEMENS AG) 06 December 1984 see pages 3-5; figures 1-4	1
A	DE, B, 1065880 (ELECTROACUSTIC) 24 September 1959, see the whole document	1-4, 9, 10
A	Patent Abstracts of Japan, volume 7, No 217 (M-245) (1362) 27 September 1983 & JP, A, 58112747(M. ARAKI) 05 July 1983	5, 8
A	DE, B, 1165667 (SIEMENS & HALSKE) 19 March 1964	
A	DE, B, 1287135 (TELEFUNKEN PATENTVERWERTUNGS GMBH) 16 January 1969	
A	US, A, 4539575 (K. NILSSON) 03 November 1985 see the whole document	12
A	EP, A, 0145066 (N. V. PHILIPS') 19 June 1985	
A	EP, A, 0095911 (XEROX CORP.) 07 December 1983	
<p>[*] Special categories of cited documents: 1)</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document relating to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>"I" Inter document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understate the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such docu- ments, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>"Z" document member of the same patent family</p>		
IV. CERTIFICATION		
Date of the Actual Completion of the International Search	Date of Mailing of this International Search Report	
14 July 1987 (14.07.87)	05 August 1987 (05.08.87)	
International Searching Authority	Signature of Authorised Officer	
European Patent Office		

ANNEX TO THE INTERNATIONAL SEARCH REPORT ON

INTERNATIONAL APPLICATION NO. ECT/DE 87/00230 (SA 17178)

This Annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned international search report. The members are as contained in the European Patent Office EDP file on 21/07/87

The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information.

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE-A- 3320443	06/12/84	None	
DE-B- 1065880		None	
DE-B- 1165667		None	
DE-B- 1287135		None	
US-A- 4539575	03/09/85	EP-A- 0128456 DE-A- 3320441 JP-A- 60006469	19/12/84 06/12/84 14/01/85
EP-A- 0145066	19/06/85	DE-A- 3342844 JP-A- 60135262 US-A- 4599628	05/06/85 18/07/85 08/07/86
EP-A- 0095911	07/12/83	US-A- 4584590	22/04/86

For more details about this annex :
see Official Journal of the European Patent Office, No. 12/82

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen PCT/DE 87/00230

I. KLASSEIFIKATION DES ANMELDUNGSGEGENSTANDS (bei mehreren Klassifikationsymbolen sind alle anzugeben) ⁶ Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC Int. Cl. B 41 J 3/04; H 04 R 17/00; H 01 L 41/08; F 04 B 43/04		
II. RECHERCHIERTE SACHGEBIETE		
Recherchierte Mindestprüfstoff? Klassifikationssystem: Klassifikationsymbole Int. Cl. B 41 J; H 04 R; H 01 L; F 04 B		
Recherchierte nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Sachgebiete fallen?		
III. EINSCHLÄGIGE VERÖFFENTLICHUNGEN¹⁰		
Art*	Kennzeichnung der Veröffentlichung ¹¹ , soweit erforderlich unter Angabe der maßgeblichen Teile ¹²	Betr. Anspruch Nr. ¹³
A	DE, A, 3320443 (SIEMENS AG) 6. Dezember 1984, siehe Seiten 3-5; Figuren 1-4	1
A	DE, B, 1065880 (ELECTROACUSTIC) 24. September 1959, siehe das ganze Dokument	1-4, 9, 10
A	Patent Abstracts of Japan, Band 7, Nr. 217 (M-245) (1362) 27. September 1983 & JP, A, 58112747 (M. ARAKI) 5. Juli 1983	5, 8
A	DE, B, 1165667 (SIEMENS & HALSKE) 19. März 1964	
A	DE, B, 1287135 (TELEFUNKEN PATENTVERWERTUNGS GMBH) 16. Januar 1969	
A	US, A, 4539575 (K. NILSSON) 3. September 1985, siehe das ganze Dokument	12
		./.
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen ¹⁰ : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund zugegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "B" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
IV. BESCHNEIDUNG		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche 14. Juli 1987		Abschiedsdatum des internationalen Recherchenberichts - 5 AUG 1987
Internationale Recherchenbehörde Europäisches Patentamt		Unterschrift des bevollmächtigten Beamteten M. VAN MOL

III. EINSCHLÄGIGE VERÖFFENTLICHUNGEN (Fortsetzung von Blatt 2)		
Art *	Kennzeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der maßgeblichen Teile	Bez. Anspruch Nr.
A	EP, A, 0145066 (N.V. PHILIPS') 19. Juni 1985	
A	EP, A, 0095911 (XEROX CORP.) 7. Dezember 1983 -----	

ANHANG ZUM INTERNATIONALEN RECHERCHENBERICHT ÜBER DIE

INTERNATIONALE PATENTANMELDUNG NR. PCT/DE 87/00230 (SA 17178)

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten internationalen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben. Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am 21/07/87

Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE-A- 3320443	06/12/84	Keine	
DE-B- 1065880		Keine	
DE-B- 1165667		Keine	
DE-B- 1287135		Keine	
US-A- 4539575	03/09/85	EP-A- 0128456 DE-A- 3320441 JP-A- 60006469	19/12/84 06/12/84 14/01/85
EP-A- 0145066	19/06/85	DE-A- 3342844 JP-A- 60135262 US-A- 4599628	05/06/85 18/07/85 08/07/86
EP-A- 0095911	07/12/83	US-A- 4584590	22/04/86

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang :
siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr. 12/82